

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Беспалов Владимир Александрович
Должность: Ректор МИЭТ
Дата подписания: 01.09.2023 15:54:12
Уникальный программный ключ:
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73bd76c818b6ea882b8db02

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе



И.Г. Игнатова



«2» сентября 2020 г.

М.П.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Материалы электронной техники»

Направление подготовки – 28.03.03 «Нanomатериалы»
Направленность (профиль) - «Инженерия наноматериалов»

Москва 2020

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

Компетенция ПК-1 «Способен прогнозировать влияние микро- и нано- масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур»

Обобщенная трудовая функция - С [6] Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур

Трудовые функции- С/01.6 Модернизация существующих и внедрение новых методов и оборудования для измерений параметров наноматериалов и наноструктур

С/02.6 Модернизация существующих и внедрение новых процессов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур

26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция - А [6] Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов

Трудовые функции- А/01.6 Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

А/02.6 Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

А/05.6 Определение соответствия наноструктурированных композиционных материалов с новыми свойствами техническому заданию

А/03.6 Подбор технологических параметров процесса для производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.МЭТ Способность использовать современные представления о влиянии микроструктуры на свойства материалов.	Организация и контроль технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники.	Знание: основных типов материалов электронной техники и наноэлектроники. Умение: выбирать материалы, исходя из оценки функциональных свойств материалов. Опыт деятельности: прогнозирование структуры и свойств наноматериалов, основываясь на современных представлениях о размерно-

		зависимых эффектах.
--	--	---------------------

Компетенция ПК-4 «Способен выбирать основные типы наноматериалов и наносистем различной природы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности» **сформулирована на основе профессионального стандарта 26.006** «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция - А [6] Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов

Трудовые функции- А/01.6 Выполнение работ по поиску экономичных и эффективных методов производства наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

А/02.6 Анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, и обработка экспериментальных результатов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-4.МЭТ Способен аргументированно выбирать материалы исходя из требований технологичности, надежности и долговечности	– контроль качества выпускаемой продукции; участие в работе по стандартизации, подготовке и проведению сертификации процессов, оборудования и наноматериалов, наносистем, а также изделий на их основе, подготовка документов при создании системы менеджмента качества на предприятии или в организации	Знание: основных типов материалов электронной техники и нанoeлектроники. Умение: выбирать методы исследования материалов. Опыт определения электрофизических и механических свойств материалов

Компетенция ПК-5 «Способен выбирать основные типы наноматериалов и наносистем различной природы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности» **сформулирована на основе профессионального стандарта 26.006** «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов»

Обобщенная трудовая функция - В [6] Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов

Трудовые функции- В/01.6 Сбор и систематизация научно-технической информации о существующих наноструктурированных композиционных материалах

В/02.6 Корректировка и разработка методик комплексного анализа структуры и свойств наноструктурированных композиционных материалов

В/03.6 Разработка опытных образцов наноструктурированных композиционных материалов

В/04.6 Организация проведения испытаний технологических и функциональных свойств наноструктурированных композиционных материалов

В/05.6 Аналитическое и документационное сопровождение внедрения наноструктурированных композиционных материалов с заданными свойствами

В/06.6 Составление аналитических обзоров, научных отчетов, публикация результатов исследований

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-5.МЭТ Способен оценивать комплекс свойств материалов для конкретных условий эксплуатации	– контроль качества выпускаемой продукции; – участие в работе по стандартизации, подготовке и проведению сертификации процессов, оборудования и наноматериалов, наносистем, а также изделий на их основе, подготовка документов при создании системы менеджмента качества на предприятии или в организации	Знание: основных типов материалов электронной техники и нанoeлектроники, их свойств Умение: выбирать методы исследования свойств и параметров материалов. Опыт использования различных методов определения физико-механических свойств материалов в порошкообразном и компактном состояниях

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине.

Изучению дисциплины предшествует формирование компетенций в дисциплинах: «Механика материалов и основы конструирование», «Кристаллография», «Общее материаловедение».

Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются изучением дисциплин «Технология материалов микро-, опто- и нанoeлектроники», «Технология и материалы сенсорной и актюаторной техники», «Методы исследования наноматериалов и структур» и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
3	6	5	180	32	32	16	64	Экз (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Практическая подготовка при проведении лабораторных работ (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основные понятия и сведения о материалах электронной техники.	4	4	2	17	Тестирование Защита лабораторной работы
2. Конструкционные и проводниковые материалы.	8	8	2	17	Тестирование Защита лабораторных работ
3. Физические процессы в полупроводниках и их свойства.	14	12	10	15	Тестирование Защита лабораторных работ
4. Физические процессы в диэлектриках и их свойства.	6	8	2	15	Тестирование Защита лабораторных работ Защита индивидуального задания

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Классификация и особенности материалов электронной техники.
	2	2	Элементы зонной теории твердого тела.
2	3-4	4	Проводящие материалы. Особенности тонкопленочных металлов.
	5-6	4	Проводящие материалы в микроэлектронике.
3	7-8	4	Классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в полупроводниках.
	9-10	4	Монокристаллический кремний, его применение, получение, свойства. Примеси и микродефекты. Тенденции в развитии производства полупроводникового кремния.
	9	2	Поликристаллический кремний. Применение, свойства, получение.
	10	2	Полупроводниковый карбид кремния – применение, свойства, особенности технологии.
	11	2	Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^V$.
	12	2	Полупроводниковые соединения типа $A^{II}B^{VI}$.
4	13	2	Материалы и технология устройств фазовой памяти.
	14	2	Диэлектрические материалы. Основные понятия. Свойства диэлектриков. Классификация диэлектрических материалов.
	15	2	Стекловидные диэлектрические материалы. Стекла. Ситаллы и ситаллоцементы. Керамические материалы.
	16	2	Активные диэлектрики. Сегнето-, пьезо- и пироэлектрики. Электро-, магнито- и акустооптические материалы. Жидкие кристаллы.

4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Наименование занятия
1	1	2	Элементы зонной теории твердого тела.
2	2	2	Проводящие материалы. Особенности тонкопленочных металлов.
3	3	2	Собственные и примесные полупроводники.
	4	2	Сравнительный анализ свойств различных видов кремния
	5	2	Примеси в полупроводниках.
	6	2	Сравнительный анализ свойства материалов группы A ^{III} B ^V
	7	2	Сравнительный анализ свойства материалов группы A ^{II} B ^{VI}
4	8	2	Диэлектрические материалы в микроэлектронике.

4.3. Практическая подготовка при проведении лабораторных работ

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	4	Исследование температурной зависимости электропроводности материалов электронной техники.
2	2	4	Исследование температурной зависимости коэффициента теплопроводности конструкционных материалов
	3	4	Изучение шероховатости поверхности материалов оптическим методом
3	4	4	Определение ширины запрещенной зоны полупроводников из измерений температурной зависимости электропроводности.
	5	4	Исследование удельного сопротивления четырехзондовым методом
	6	4	Исследование термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике.
4	7	4	Температурная зависимость темновой проводимости в пленках a-Si:H
	8	4	Исследование температурной зависимости электропроводности металлов

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1-4	24	Изучение теоретического материала в объеме лекций
1-4	20	Подготовка к лабораторным работам
1-4	8	Подготовка к тестированию по модулям
1-4	12	Выполнение индивидуального задания по анализу технологий получения наноструктурированных композиционных материалов.

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1 «Основные понятия и сведения о материалах электронной техники»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №1, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 2 «Конструкционные и проводниковые материалы»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №2, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 3 «Физические процессы в полупроводниках и их свойства»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №3, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

Модуль 4 «Физические процессы в диэлектриках и их свойства»

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №4, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Материаловедение : Учебник / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, Д.Н. Романенко [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
2. Материаловедение : Учебник / А.А. Воробьев, Д.А. Жуков, Д.П. Кононов [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 304 с.
3. Структура реальных кристаллов : Учеб. пособие / Н.И. Попенко, А.В. Железнякова, Ю.И. Шилиева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 120 с.
4. Фазовая память: современное состояние и перспективы использования : Учебно-методическое пособие / А.А. Шерченков, П.И. Лазаренко, А.В. Бабич, С.П. Тимошенков; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2016. - 136 с.
5. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : Учеб. / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2015. - 448 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/67462> (дата обращения: 16.11.2020).
6. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 2001. - 56 с.
7. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А.А. Шерченков, Ю.И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2004. - 88 с.
8. Материалы электронной техники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1997. - 140 с.
9. Материалы твердотельной электроники : Учеб. пособие / Б.Г. Будагян, А.А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1999. - 118 с.
10. Материалы электронной техники / В.В. Пасынков, В.С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
11. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С. Горелик, М.Я. Дашевский. - М. : Металлургия, 1988. - 574 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU**: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Российская государственная библиотека**: сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
3. **GoogleScholar**: сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
4. **ASC Publications** : сайт. - URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
5. **Electrochemical Society**: Научное издательство IOP Publishing, 2020. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ

6. **Springer**: сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

7. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики**: сайт. – URL: www.scopus.com/ (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

8. **Web of Science: [наукометрическая база данных]**: сайт. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 20.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	ОС Microsoft Windows, MS Office
Учебная аудитория № 4139 «ЛП по материалам электронной техники»	Компьютеры, принтеры, интернет Лабораторный комплекс для измерений проводниковых свойств металлов Лабораторный комплекс для измерений полупроводниковых свойств металлов Лабораторный комплекс для исследования температурной зависимости теплопроводности МЭТ. Лабораторный комплекс для исследования термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике	ОС Microsoft Windows, MS Office
Помещение для самостоятельной	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением	ОС Microsoft Windows,

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
работы обучающихся	доступа в ОРИОКС	MS Office, Браузер

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ПК-1.МЭТ «Способность использовать современные представления о влиянии микроструктуры на свойства материалов»

ФОС по подкомпетенции ПК-4.МЭТ «Способен аргументированно выбирать материалы исходя из требований технологичности, надежности и долговечности»

ФОС по подкомпетенции ПК-5.МЭТ «Способен оценивать комплекс свойств материалов для конкретных условий эксплуатации»

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Материалы электронной техники» состоит из четырех модулей. Модуль 1 дает студентам основные сведения о материалах электронной техники, основных классах современных материалов и является базовым для всех последующих модулей. В модулях 2, 3 и 4 даны сведения соответственно о конструкционных и проводниковых материалах, физических процессах в полупроводниках и их свойствах, физических процессах в диэлектриках и их свойствах.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам практических занятий в научных источниках с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Выполнение индивидуального задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение современных методов для исследований

основных параметров функциональных материалов, используемых в энергосберегающих системах.

Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система,


Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре и промежуточный контроль (в сумме - 100 баллов).

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 70	3
71 – 85	4
86 – 100	5

РАЗРАБОТЧИК:

Профессор Института ПМТ, д.т.н., профессор  /А.А.Шерченков /

Рабочая программа дисциплины «Материалы электронной техники» 28.03.03 «Наноматериалы», направленности (профилю) «Инженерия наноматериалов» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39.


Зам. директора Института
к.т.н., доцент


_____/А.В. Железнякова/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК


_____/И.М.Никулина/

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки


_____/Т.П.Филипова/